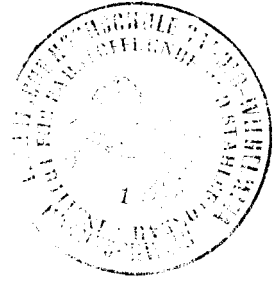


Veröffentlichung aus dem

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU

der Technischen Hochschule Braunschweig

Direktor: o.Prof. Dr.-Ing. Karl Kordina



Schalltechnische Untersuchungen in Treppenträumen

von

Dipl.-Phys. H. Schulze

Dipl.-Phys. J. Steinert

Die Untersuchungen wurden im Auftrage und mit Unterstützung des Herrn Bundesministers für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung durchgeführt. Die Auswahl und die bautechnische Überwachung der Versuchsbauten erfolgte durch die Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel.

1965

1. Einleitung

Auf Maßnahmen zur Verminderung von Lärm in Treppenträumen und auf die Beachtung des Trittschallschutzes gegenüber den anliegenden Wohnräumen werden in DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau" erstmalig in der Ausgabe vom September 1962 besondere Hinweise gegeben. Bei der Verbesserung des Schallschutzes im Bauwesen standen bis dahin die Wohnungstrennwände und -decken im Vordergrund. Erst nach Einführung der neuen DIN 4109 kann diese Entwicklung als vorläufig abgeschlossen angesehen und der bisher weniger vorrangigen Lärmbekämpfung bei Installationen, Lüftungen und in Treppenträumen erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Der Lärm im Treppenraum entsteht sowohl durch lautes Sprechen bzw. Rufen (nur Luftschall) als auch beim Begehen, insbesondere mit kleinflächigen Absätzen (Luftschall und Körperschall). Infolge der unterschiedlichen Entstehung ist auch die Schallausbreitung und die Bekämpfung der störenden Geräusche unterschiedlich.

Der als Luftschall erzeugte Lärm breitet sich durch Reflexion in den meist sehr halligen Treppenträumen aus und dringt - wegen der heute üblichen Wohnungstüren niedriger Schalldämmung - im allgemeinen nur wenig geschwächt in die Wohnungen ein. Da die Schalldämmung der Treppenraumwände den an sie gestellten Anforderungen zumeist genügt, ist die Übertragung dieser Geräusche vom Treppenraum durch die Wände demgegenüber zu vernachlässigen.

Zur Absenkung des Geräuschpegels in Treppenträumen wird die Verkleidung der Unterseiten von Podesten und Laufplatten mit schallschluckendem Material empfohlen, vgl. DIN 4109, Blatt 5, Abschnitt 3. Durch derartige Schluckanordnungen kann der Luftschall bis zu einem gewissen Grade herabgesetzt werden.

Die Abnahme des Schallpegels über mehrere Geschosse ist in Treppenträumen aber nicht nur von der Absorption der Wandflächen, sondern auch von den schalldämmenden Eigenschaften der Treppenraum-Konstruktion abhängig, wie sich auch im Laufe der nachfolgend beschriebenen, bereits vor einigen Jahren durchgeführten Untersuchungen über die Minderung des Luftschallpegels zeigte.

Für eine erfolgreiche Minderung der Trittschallgeräusche ist es erforderlich, Podeste und Laufplatten der Treppen mit schwimmenden Estrichen oder weichfedernden Gehbelägen zu versehen. Eine weitere Maßnahme zur Erzielung einer geringeren Trittschallübertragung ist die Einhaltung eines Abstandes zwischen den Treppen und den Treppenraumwänden.

Den trittschalldämmenden Maßnahmen kommt insofern eine erhöhte Bedeutung zu, als die Treppenläufe vorwiegend fest mit den Treppenraumwänden verbunden sind und damit eine stärkere Übertragung der Laufgeräusche vorhanden ist. Außerdem liegen meist mehrere Wohnungen an einem Treppenraum, der demzufolge häufiger begangen wird als eine Wohnungstrenndecke. Deshalb wird in der Neufassung der DIN 4109 - zunächst nur in Blatt 5 "Erläuterungen" - die Empfehlung gegeben, bei Treppenträumen dieselben Mindestanforderungen an den Schallschutz, wie sie für Decken unter Laubengängen gestellt werden, zu erfüllen. Es sollte also das Trittschallschutzmaß in dem der Treppe nächstgelegenen Wohnraum im gleichen oder nächsttieferen Geschoß nach zweijährigem Bewohnen mindestens ± 0 dB, bzw. unmittelbar nach Fertigstellung des Baues mindestens +3 dB betragen.

Bereits vor einigen Jahren wurde vom Institut an Versuchsbauten in Eckernförde⁺) an einem Einzelfall gezeigt, daß die ohne besondere Maßnahmen sehr große Trittschallübertragung vom Treppenraum in die unmittelbar benachbarten Wohnräume durch eine schwimmende Verlegung der Stufen um ca. 11 dB herabgesetzt werden kann (Differenz der Trittschallschutzmaße bei massiv und bei schwimmend verlegten Stufen). Da aufgrund der in Eckernförde gemachten Erfahrungen angestrebt wurde, auch beim Treppenraum ein Trittschallschutzmaß von mindestens ± 0 dB zu fordern, bestand Interesse, noch an anderen Versuchsbauten zu prüfen, auf welche Weise und mit welchem Erfolg die Luftschall- und die Körperschallübertragung aus dem Treppenraum herabzusetzen sei.

Deshalb wurden in einem Wohnblock mit 3 Hauseinheiten von gleichem Grundriß schalltechnische Untersuchungen über die Minderung der Trittschallüber-

⁺) Forschungsauftrag: Bauakustische Untersuchungen an der Versuchssiedlung Eckernförde (III. Bauabschnitt), 1958, unveröffentlicht.

tragung und die Minderung des Luftschallpegels durchgeführt. In einer Hauseinheit wurden dazu die Trittstufen und Podeste mit einem weichfedernden Gehbelag versehen, in einer zweiten Hauseinheit an den Unterseiten der Podeste und Laufplatten Schallschluckkombinationen angebracht, und zu Vergleichszwecken im dritten Haus der Treppenraum weder mit Bodenbelag noch mit schluckenden Verkleidungen versehen.

In der vorliegenden Arbeit werden die in den Versuchsbauten erzielten Ergebnisse mitgeteilt. Sie zeigen die Zweckmäßigkeit der in Bezug auf Kosten und Aufwand durchaus tragbaren Maßnahmen zur Lärminderung in Treppenräumen.

2. Die Minderung des Luftschallpegels in Treppenräumen

Soll in einem geschlossenen, relativ halligen Raum der Geräuschpegel möglichst niedrig gehalten werden, so kann das trivialerweise dadurch geschehen, daß die Geräuscherzeugung weitgehend unterbleibt. Das ist in Treppenräumen nur in geringem Maße möglich, denn abgesehen von den reinen Laufgeräuschen sind besonders in vielgeschossigen Wohnbauten die akustischen Lebensäußerungen der dann zu- meist auch zahlreichen Kinder kaum zu unterbinden. Will man die Belästigung der Mieter vermeiden, so bleibt unter der eingangs gemachten Voraussetzung, daß die Schalldämmung der Türen unzureichend ist, nur übrig, den Geräuschpegel im Treppenraum durch schallschluckende Verkleidung zu senken. Da auch in Treppenräumen die Pegelminderung ΔL proportional zur Schallabsorptionsfläche $A = \alpha \cdot S_{\alpha}$ angenommen werden kann, s.u., müssen für eine wirksame Maßnahme große Flächen S_{α} mit Material von hohem Absorptionsgrad α verkleidet werden. Es gibt heute zahlreiche Materialien für den Bau von Schallschluckanordnungen; in fast allen Fällen wird die Wahl durch den Preis bestimmt, der wesentlich vom verwendeten Absorptionsmaterial und der Anbringungsart abhängt. So lassen sich beispielsweise die Kosten senken, wenn hinter Schluckkombinationen nicht geputzt wird.

Es ist bekannt[†]), daß in großen Räumen die Pegelabnahme mit der Entfernung in größeren Abständen von der Schallquelle nicht Null wird, wie es Theorie und

[†]) E. Lübcke und H.J. Gober,
Schallausbreitung in Fabrikhallen (hauptsächlich in Flachräumen),
FB d. L. Nordrhein-Westfalen Nr. 1364, Westdeutscher Verlag, Köln
und Opladen 1964.

Praxis für kleine Räume zeigen, sondern daß der Pegel mit wachsender Entfernung ständig weiter abnimmt. Durch Schallschluckverkleidungen wird auch diese Pegelabnahme vergrößert, jedoch nur bis maximal 6 dB pro Abstandsverdoppelung, wie es einer Abnahme bei allseitig unbehinderter Ausbreitung entspricht. In unmittelbarer Nähe einer Schallquelle ist der Einfluß von Absorptionsmaterial auf den Schallpegel gering, so daß z.B. keine Auswirkung durch schallschluckende Verkleidung eines Podestes auf eine Wohnung erwartet werden darf, wenn die Geräuscherzeugung unmittelbar vor der Wohnungstür erfolgt. Durch Schluckanordnungen wird aber nicht nur der stationäre Pegel herabgesetzt, sondern auch dem Raum durch Nachhallverkürzung seine Halligkeit genommen.

Die ausgewählten Versuchsbauten in Raisdorf bei Kiel, Kantstraße 1, 3 und 5, bestehen aus drei fünfgeschossigen Hauseinheiten mit gleichen Grundrissen, vgl. Abb. 1 und 2.

Die in einer Hauseinheit an den Unterseiten der Podeste und Laufplatten angebrachten Schallschluckkombinationen bestehen im wesentlichen aus gelochten Gipskartonplatten mit $\approx 20\%$ Perforation, die in 5 cm Abstand von der schallharten Putzfläche auf einem Lattenrost angebracht und mit Mineralfasermatten hinterlegt sind. Der Schallabsorptionsgrad dieser Kombination ist als Funktion der Frequenz in Abb. 3 aufgetragen.

Insgesamt wurden in jedem Geschoß ca. $11,5 \text{ cm}^2$ Oberfläche des Treppenraumes akustisch behandelt; das sind ca. 20 % der Gesamtoberfläche.

2.1 Durchführung der Luftschallmessungen

Zur Ermittlung der mit einer schallschluckenden Auskleidung zu erzielenden Pegelminderung wurden sowohl in dem Treppenraum mit als auch in demjenigen ohne Verkleidung folgende Messungen durchgeführt, vgl. Abb. 4.

- a) Luftschallanregung des Treppenraumes jeweils auf den Podesten des Erdgeschosses, des 2. und des 4. Obergeschosses. Als Meßschall wurden Heultöne mit einem Frequenzhub von ca. +40 Hz und einer Modulationsfrequenz von ca. 8 Hz verwendet.
- b) Trittschallanregung der Geschoßpodeste mit dem Norm-Hammerwerk jeweils auf den Podesten des Erdgeschosses, des 2. und des 4. Obergeschosses. Der Hammerwerkstellung 1 war dabei die Mikrofonstellung 2 zugeordnet und umgekehrt.
- c) Messung der Nachhallzeit. Die Stellung von Lautsprecher und Mikrofon entsprach Abb. 4, jedoch befand sich dabei das Mikrofon bei den jeweiligen Stellungen 1 und 2 in unterschiedlichen Geschossen. Zum Speisen des Lautsprechers wurden Heultöne mit ca. 8 Hz Modulationsfrequenz und ca. +40 Hz Frequenzhub verwendet.

2.2 Ergebnisse der Nachhallmessungen

Der Absorptionsgrad wurde sowohl aus der Nachhallzeit als auch aus der Pegeländerung ermittelt. Während aus der Nachhallzeitänderung die vom Hersteller der Gipskartonplatten angegebenen Absorptionsgrade bestätigt werden konnten, ergaben sich aus den Pegeländerungen viel zu geringe Werte, die außerdem bei $f \approx 630$ Hz ein zusätzliches Minimum aufwiesen, welches durch Interferenzerscheinungen an den Stufen erklärt werden kann.

Für die nach Abschnitt 2.2 bestimmte Nachhallzeit wurden im nicht ausgekleideten Treppenraum in sämtlichen Geschossen nahezu gleiche Werte gemessen, deren Mittelwert für jede Frequenz in Abb. 3 eingetragen ist. Die Nachhallzeiten lagen zwischen 1,7 und 2,9 s.

Demgegenüber lagen im schallschluckenden Treppenraum die Nachhallzeiten zwischen 0,35 und 1,7 s und waren in starkem Maße vom Meßort abhängig. Während im mittleren Frequenzbereich beispielsweise die Nachhallzeit im 2. Geschoß bei 0,4 s und im Erdgeschoß bei 0,6 s lag, betrug sie im

obersten Geschoß 1,0 s. Am unteren und oberen Ende des Treppenraumes machen sich also die nichtverkleideten Flächen durch ungedämpfte Reflexionen bemerkbar. In der Nähe der Haustür und des Dachgeschosses wurden als Zeichen einer stark ungleichmäßigen Verteilung der Dämpfungskonstanten gekrümmte Nachhallkurven registriert. Der Schallabsorptionsgrad wurde aus den mittleren Nachhallzeiten T_0 im leeren Treppenraum und den Nachhallzeiten T_α im mittleren Teil des schallschluckenden Treppenraumes gemäß der Beziehung

$$\alpha = 0,163 \cdot \left(\frac{V}{S_\alpha}\right)_G \cdot \left(\frac{1}{T_\alpha} - \frac{1}{T_0}\right)$$

berechnet und hierbei der Faktor $\left(\frac{V}{S_\alpha}\right)_G$ aus dem Volumen und der schallschluckend verkleideten Fläche eines Geschosses zu 2,6 bestimmt.

Außerdem wurde aus den Nachhallzeiten des unverkleideten Treppenraumes der "Leerraum"-Absorptionsgrad α_0 berechnet und hierfür im mittleren Frequenzbereich Werte von $\alpha_0 \approx 0,035$ ermittelt.

2.3 Meßergebnisse der Schallpegelmessungen bei Luftschallanregung

In Abb. 5 ist die mittlere Abnahme des Luftschallpegels $\overline{L - L_n}$ vom Anregungsgeschoß (Pegel L) zum n Geschosse entfernten Meßort (Pegel L_n , $n = 1 \dots 4$) als Funktion der Frequenz für den ausgekleideten und den unbehandelten Treppenraum eingezeichnet. Bei diesen Messungen wurde bestätigt, daß die Pegelminderung bei Luftschallanregung im untersuchten Treppenraum sowohl unabhängig ist vom Ort der Anregung - Erdgeschoß, 2. oder 4. Obergeschoß - als auch unabhängig von der Richtung der Schallausbreitung, z.B. Anregung im Erdgeschoß und Messung im 4. Obergeschoß oder umgekehrt. Daher wurden in Abb. 5 die Mittelwerte der Pegelminderung über unterschiedliche Geschosse und Richtungen, jedoch über dieselbe Anzahl von Geschossen aufgetragen. Die Abweichungen der Einzelwerte von diesen Mittelwerten sind im ganzen Frequenzbereich geringer als ± 2 dB.

Man erkennt, daß in beiden Treppenräumen die Pegelabnahme der Geschoßanzahl etwa proportional ist, d.h. der Treppenraum verhält sich ohne und auch mit Auskleidung wie ein schallschluckender bzw. schalldämmender Kanal. Erwartungsgemäß ist in größerer Entfernung von der Schallquelle auch im unbehandelten Treppenraum der Pegel nicht konstant.

Während im leeren Treppenraum die - nahezu frequenzunabhängige - Abnahme des Schallpegels ca. 5 dB pro Geschoß beträgt, wird durch eine schallschluckende Verkleidung im Frequenzbereich der größten Absorption die Pegelabnahme bis ca. 13 dB/Geschoß vergrößert. Allerdings hängt nach der Auskleidung die Pegelabnahme entsprechend dem Frequenzgang der Schluckanordnung im starken Maße von der Frequenz ab. Die mit der Auskleidung erzielte Pegelminderung $L_0 - L_\alpha$ ist für die Frequenzen der Hauptoktavreihe in Abhängigkeit von der Anzahl der Geschosse in Abb. 6 aufgetragen. Die maximale Minderung beträgt bei 500 Hz für $\alpha = 1$ ca. 8 dB in jedem Geschoß. Dieser Wert hängt von der Absorptionsfläche des unausgekleideten Raumes und dem Flächenanteil der Schluckkombination ab:

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A_\alpha}{A} = 10 \lg \frac{\alpha \cdot S_\alpha + \alpha_0 S}{\alpha_0 (S_\alpha + S)} = 8 \text{ dB.}$$

Hieraus ergibt sich bei dem Verhältnis von Schluckmaterialfläche zu Gesamtoberfläche $\frac{S_\alpha}{S + S_\alpha} = 0,19$ ebenfalls ein Absorptionsgrad der unverkleideten Flächen von α_0 ca. 0,035.

Bei einer derartigen Betrachtung ist stillschweigend vorausgesetzt, daß sich in einem Treppenraum ein diffuses Schallfeld einstellt, was kaum der Fall sein dürfte. Es ist jedoch bemerkenswert, daß sowohl aus der Pegelminderung als auch aus den auf den einzelnen Zwischenpodesten kaum unterschiedlichen Werten der Nachhallzeit für den Absorptionsgrad des unbehandelten Raumes derselbe Wert ermittelt wurde.

Mit der Annahme eines "quasi-diffusen" Schallfeldes auf den Zwischenpodesten ergibt sich zumindest für diese Teile des Treppenraumes ein nur geringfügig ortsabhängiger Schallpegel. Die gemessene Pegelabnahme zum nächsten Geschoß müßte dann also auf den schalldämmenden Eigenschaften der die Geschosse trennenden Bauteile beruhen.

Aus den gemessenen Werten läßt sich die Schalldämmung einfach berechnen, wobei man wegen der Unkenntnis der Größe der Trennfläche statt des Schalldämm-Maßes besser die Norm-Schallpegeldifferenz ermittelt:

$$D'_N = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{10}{A_2} \cdot$$

Da das Absorptionsvermögen des Empfangsraumes bereits in D'_N berücksichtigt ist, kann die Norm-Schallpegeldifferenz zum Vergleich der schalltechnischen Eigenschaften verschiedener Treppenräume unabhängig von eventuellen schallschluckenden Auskleidungen dienen.

Die Norm-Schallpegeldifferenz wurde für beide Treppenräume bestimmt und die Werte in Abb. 7 aufgetragen. Dabei wurde wegen der Unabhängigkeit der Schallpegeldifferenzen vom Ort der Anregung und der Ausbreitungsrichtung für $L - L_N$ der Mittelwert für sämtliche gleich weit von der Schallquelle entfernt liegenden Empfangsgeschosse berechnet.

Die Norm-Pegeldifferenzen D_N stimmen für beide Treppenräume im gesamten Frequenzbereich gut überein; die Frequenzabhängigkeit ist auffällig gering.

Es besteht natürlich auch die Möglichkeit wegen der starken und nahezu gleichbleibenden Pegelabnahme von Geschoß zu Geschoß, einen Treppenraum als schallschluckenden Kanal aufzufassen. Für einen Kanal hängt aber die Dämpfung oder die Pegelabnahme gemessen in dB pro m oder dB pro Geschoß vom Absorptionsgrad α und nicht vom Logarithmus der Absorptionsfläche ab.

Aus dem Verhältnis der Pegelabnahme im absorbierenden Treppenraum, 13 dB/Geschoß bei 500 Hz und einer verkleideten Fläche von 19 %, zur Abnahme im normalen Treppenraum, 5 dB/Geschoß, berechnet man für den Absorptionsgrad des schallharten Treppenraumes den Wert $\alpha_0 = 0,11$, der zu groß erscheint und gegen die Auffassung als Kanal spricht.

Auf die Pegelminderung in einem bestimmten Geschoß zurückkommend, kann gesagt werden, daß eine Erhöhung bei gleichem α_0 nur durch Vergrößerung des Schluckflächenanteiles zu erzielen ist. Bei $\frac{S_\alpha}{S + S_\alpha} = 0,4$, einem für einen Treppenraum extrem hohen Wert, errechnet sich eine Minderung

von $\Delta L = 11$ dB, d.h. die weitere Vergrößerung der Absorptionsfläche bringt kaum noch Vorteile und ist deshalb unwirtschaftlich.

2.4 Meßergebnisse der Schallpegelmessungen bei Trittschallanregung

Bei der Trittschallerzeugung werden primär bestimmte Bauteile, hier die Podestplatten, zu Schwingungen und zur Schallabstrahlung angeregt und nicht bestimmte Räume, wie bei den Luftschalluntersuchungen. Deshalb muß erwartet werden, daß beiderseits einer zwei Geschosse trennenden Podestplatte gleiche Trittschallpegel gemessen werden.

Wie die Ergebnisse, vgl. Abb. 8, jedoch zeigen, ist nur im schallschluckend ausgekleideten Haus und auch da nur bei tiefen Frequenzen die Pegelabnahme zweier benachbarter Geschosse in etwa gleich. Oberhalb 500 Hz ist der von den Bauteilen abgestrahlte Körperschall offenbar gegenüber dem mit dem Norm-Hammerwerk erzeugten Luftschall zu vernachlässigen. Das bedeutet, daß die mit einem Hammerwerk erzielten Ergebnisse nur im Bereich tiefer Frequenzen den Schallausbreitungsverhältnissen bei Körperschallanregung ohne gleichzeitige Luftschallerzeugung nahekommen.

Für die Pegelabnahme bei tiefen Frequenzen wurden im nicht ausgekleideten Treppenraum ca. 4 dB/Geschoß und bei schallschluckender Auskleidung nur ca. 5 dB/Geschoß ermittelt.

Die Wirksamkeit der Schallschluckanordnung ist aus Abb. 9 zu entnehmen, in der die mit der Auskleidung bei Trittschallanregung zu erzielende Minderung als Funktion der Geschoßanzahl aufgetragen ist. Man erkennt hieraus, daß sich bei Frequenzen bis ca. 500 Hz in größerer Entfernung von der Quelle eine etwa konstante, von der Geschoßanzahl unabhängige Pegelminderung einstellt, die, wie bereits gesagt, auf die Schallabstrahlung der Bauteile zurückzuführen ist. Bei hohen Frequenzen wurde auch bei diesen Untersuchungen die bereits bei der Luftschallanregung beobachtete konstante Pegelminderung pro Geschoß festgestellt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bei Luftschallanregung die Schallpegelabnahme pro Geschoß ohne zusätzliche Schallschluckmaßnahmen etwa 5 dB und, wenn ca. 20 % der Oberfläche mit Schluckmaterial vom Absorptionsgrad $\alpha = 1$ bedeckt sind, 13 dB beträgt. Eine Verkleidung von 20 % der Oberfläche mit einem breitbandig hochabsorbierenden Material, die in jedem Treppenraum noch möglich sein dürfte, ergibt also eine Pegelminderung von 8 dB, die etwa einer Halbierung der subjektiv empfundenen Lautstärke entspricht.

Bei Trittschallanregung der Podeste mit dem Norm-Hammerwerk wurde auch mit absorbierenden Verkleidungen bis ca. 500 Hz eine geringere Pegelabnahme festgestellt.

Mit der Norm-Schallpegeldifferenz ist eine brauchbare Größe gegeben, die die schalldämmenden Eigenschaften unterschiedlicher Treppenräume unabhängig von der raumakustischen Behandlung abzuschätzen gestattet. Die mittlere Norm-Schallpegeldifferenz im Frequenzbereich zwischen 100 und 3200 Hz betrug im untersuchten Treppenraum 13 dB.

Die in DIN 4109, Blatt 5, Abschnitt 3, empfohlene raumakustische Verkleidung von Treppenräumen könnte - was die Lärmeinwirkung auf die angrenzenden Wohnungen betrifft - weitgehend unterbleiben, wenn an die Schalldämmung von Türen Anforderungen gestellt würden. Allerdings ist nicht zu verkennen, daß gute schalldämmende Türen nicht billig sind und ihre Dämmung erheblich von der Ausführung der Dichtungen abhängt, und man somit in derselben Lage wie bei schwimmenden Estrichen wäre, deren Ausführung heute noch überwacht werden muß. Eine schallabsorbierende Auskleidung eines Treppenhauses ist also die einfachere und vielleicht sogar noch billigere Maßnahme, um den Lärm in Treppenhäusern von Wohnungen fernzuhalten, was besonders bei Appartementhäusern wichtig ist.

3. Die Minderung der Trittschallübertragung aus Treppenräumen

Wie bereits eingangs erwähnt, wurde die Verbesserung des Trittschallschutzes bei Verwendung eines Gehbelags auf den Trittstufen und Podesten und nicht bei einer schwimmenden Anordnung der Stufen geprüft. Es dürfte dies jedoch - abgesehen von den ohnehin vorhandenen statischen Bedenken gegen schwimmende Stufen - die wirtschaftlichste Art der Trittschallminderung sein, zumal die mit einer schwimmenden Verlegung erzielbare Verbesserung der Luftschalldämmung für die Anordnung in Treppenräumen ohne Bedeutung ist.

Für die Untersuchungen wurden im Treppenraum einer Hauseinheit die Podeste und die Trittstufen mit einem 4 mm dicken weichfedernden Belag versehen, der ganzflächig auf die Terrazzoplatten geklebt wurde. Der verwendete Belag ist ein ca. 4,6 kg/m² schweres dreischichtiges PVC-Material, bei dem die Ober- und die schwach geriffelte Unterseite aus 2 mm bzw. 0,5 mm dickem massiven Weich-PVC und die ca. 1,5 mm dicke Kernschicht aus Zell-PVC bestehen. Die Kanten der Trittstufen wurden außerdem mit Stoßkantenprofil abgedeckt. Das Verbesserungsmaß VM nach DIN 4109, Blatt 2, Abschnitt 4.1.2.3., dieses Gehbelages wurde im Labor zu VM = 15 dB bestimmt, vgl. Trittschallminderung Abb. 10.

Sämtliche Treppenraumwände mit Ausnahme der Außenwand sind 24 cm dick in KSV 1,8/150 errichtet. Die 100 mm dicken Laufplatten wurden nicht von den Wänden des Treppenraumes abgesetzt, sondern in diese eingebunden. Die Anordnung der an dem Treppenraum angrenzenden Räume zeigt Abb. 11 bzw. Abb. 2.

3.1 Durchführung der Trittschallmessungen

Die Untersuchungen wurden im Hinblick auf die Trittschallübertragung vom Treppenraum in die nächstliegenden Aufenthaltsräume durchgeführt. Bei dem gegebenen Grundriß ist dieser Raum das in Verlängerung des Treppenraumes angeordnete Wohnzimmer. Deshalb wurden mit dem Norm-Hammerwerk die Geschosspodeste, und zwar im Erdgeschoß, 2. und 4. Obergeschoß, bei je 2 Hammer-

werkstellungen angeregt und der Norm-Trittschallpegel jeweils in den Wohnzimmern der linken Wohnungen sämtlicher Geschosse ermittelt.

Um die horizontale Trittschallübertragung von den Zwischenpodesten in die angrenzenden Wohnungen zu erfassen, wurden auch die zwischen dem 2. und 3. Obergeschoß gelegenen Podeste mit dem Hammerwerk angeregt und die Norm-Trittschallpegel in den Küchen und Kinderzimmern des 2. Obergeschosses (links) bestimmt, vgl. Abb. 11.

Diese Untersuchungen wurden sowohl im Treppenraum mit unbelegten Terrazzo-Trittstufen als auch im Raum mit Gehbelag auf Trittstufen und Podesten durchgeführt.

3.2 Ergebnisse der Trittschalluntersuchungen

Beispiele für die gemessenen Norm-Trittschallpegel sind in Abb. 12 und 13 in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen, wobei in jeder Abb. die gemessenen Pegel L'_{No} bzw. L'_{N1} in den Treppenräumen ohne und mit Belag unter gleichen Anregungsbedingungen gegenübergestellt sind. Die erzielte Minderung des Trittschallschutzes $\Delta L = L'_{No} - L'_{N1}$ für die als Beispiele angeführten Trittschallpegel ist in Abb. 14 aufgezeichnet. In der nachfolgenden Tabelle sind für sämtliche Messungen die Trittschallschutzmaße TSM und die "Verbesserungen V" zusammengestellt, die anhand der jeweiligen Trittschallminderungen ΔL in Analogie zum Verbesserungsmaß VM nach DIN 4109, Blatt 2, Abschnitt 4.1.2.3., berechnet wurden.

Die Trittschallminderung durch den Belag ist bei tiefen Frequenzen bis ca. 500 Hz nahezu Null. Da die einzelnen Kurven von ΔL in diesem Frequenzbereich dicht beieinander liegen, wurde anstelle der Einzelkurven ihr Mittelwert angegeben.

Beim Betrachten der Abbn. 14 und 15 fallen an den gemessenen Norm-Trittschallpegeln zwei Eigentümlichkeiten auf. Im Treppenraum ohne Gehbelag auf Trittstufen und Podesten sind die Frequenzgänge für Empfangsräume, die symmetrisch

zum angeregten Podest liegen gleich und die Abnahme des Trittschallpegels pro Geschoß beträgt je nach Frequenz 3 bis 9 dB. Da auf der Rohdecke, die der angeregten Podestplatte entspricht, oberseits ein schwimmender Estrich verlegt, dagegen unterseits keine besondere Verkleidung vorhanden ist, kann aus dem gleichen Verlauf der Pegel ober- und unterhalb der Decke geschlossen werden, daß die Schallabstrahlung vorwiegend vom aufgehenden Mauerwerk erfolgt. Die angegebene Pegelabnahme pro Geschoß entspricht also der bekannten vertikalen und horizontalen Körperschall- bzw. Stoßstellen-dämmung.

Mit einem gehweichen Belag auf den Geschoßpodesten ergibt sich aber ein ganz anderer Verlauf der Trittschallpegel in den Wohnzimmern bzw. auch in den horizontal angrenzenden Räumen. Die ohne Belag vorhandene Gleichheit der Trittschallpegel ist bei äquivalenter Lage der Meßräume zur angeregten Decke - etwa ab der Grenzfrequenz des Belages - vgl. Abb. 17, nicht mehr vorhanden, sondern bei hohen Frequenzen wird unterhalb der Anregungsstelle stets ein geringerer Trittschallpegel gemessen als oberhalb. Außerdem sind aber auch die Frequenzgänge bei gleicher Lage der Meßräume zum Anregungsort ungefähr gleich und nur parallel gegeneinander um ca. 3 - 5 dB verschoben. Insbesondere war also hier keine so ausgeprägte Frequenzabhängigkeit der Trittschallpegelminderung pro Geschoß wie im Falle ohne Gehbelag im Treppenraum festzustellen. Das verwundert insofern, als durch gehweiche Beläge - im Gegensatz zur Wirkung von schwimmenden Estrichen - nicht der Mechanismus der Schallabstrahlung verändert wird, sondern nur die Stärke und das Spektrum der Trittschallanregung, und deshalb unabhängig davon, ob ein Belag verwendet wird oder nicht, ein gleicher Frequenzgang für die Trittschallminderung pro Geschoß zu erwarten ist.

Die Folge dieser unterschiedlichen Trittschallpegel ist eine Abhängigkeit der durch einen Belag im Treppenraum erzielbaren Trittschallminderung von der Lage des jeweiligen Empfangsraumes zur angeregten Podestplatte, vgl. Abb. 16. Unmittelbar diagonal unter der Anregungsstelle erhält man noch einen ähnlichen Verlauf der Pegelminderung wie bei einer Labormessung, allerdings schon mit

einem "Abknicken" bei hohen Frequenzen. Oberhalb des angeregten Podestes und auch in größerer Entfernung wird besonders bei hohen Frequenzen die Minderung immer geringer, so daß also die Erhöhung des Trittschallschutzes durch den Belag nur noch verhältnismäßig gering ist.

In der Verbesserung V macht sich die geschilderte Abnahme der Trittschallminderung derart bemerkbar, daß sich, abgesehen von dem bei der Diagonalmessung nur erzielten maximalen Wert $V = 13$ dB gegenüber dem im Labor bestimmten $VM = 15$ dB, die Verbesserung um 1 - 2 dB pro Geschoß verringert, vgl. Tabelle.

Die in der Einleitung erwähnte Empfehlung der DIN 4109, wonach bei Treppenträumen unmittelbar nach Fertigstellung eines Baues ein Trittschallschutzmaß von +3 dB zwischen Treppenträumen und Aufenthaltsräumen angestrebt werden soll, ist ohne Gehbelag hier nur in einem Fall, nämlich bei Anregung und Empfang im Erdgeschoß, erfüllt, vgl. Tabelle. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, ist es aber mit geringem Aufwand auch bei nicht von den Treppenwänden abgetrennten Laufplatten möglich, einen befriedigenden Trittschallschutz zu erzielen, zumal auch ein weniger wirksamer Belag als der verwendete hierzu ausgereicht hätte.

Deshalb sollte die Empfehlung von DIN 4109, Blatt 5, Abschnitt 2.45, - für den Fall, daß Aufenthaltsräume am Treppenraum liegen - in die Mindestanforderungen von Blatt 2, Tabelle 1, aufgenommen werden. Hiermit würde gleichzeitig erreicht, daß die Hinweise auf eine schalltechnisch günstige Grundrißanordnung stärker beachtet werden.

Da die Ergebnisse beider Untersuchungen gewiß auch auf andere, ähnliche Treppenträume übertragen werden können, ist zusammenfassend zu sagen, daß mit relativ geringen Mitteln, wie Anbringung einer Schallschluckkombination und Verlegung eines weichfedernden Gehbelages im Treppenraum, bedeutende Verbesserungen des Schallschutzes für Geschoßwohnungen zu erreichen sind.

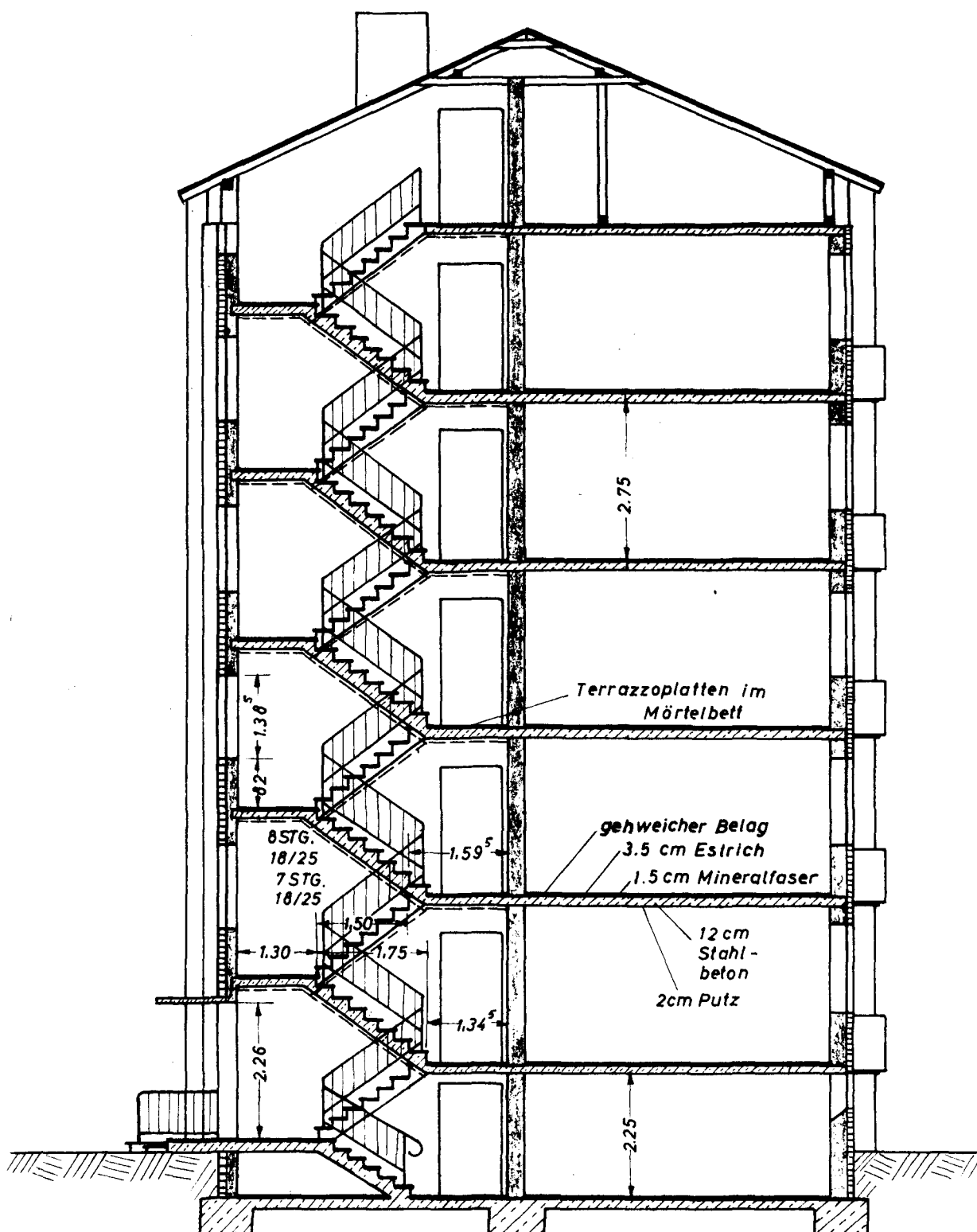
T a b e l l e

Zusammenstellung der Trittschall-Schutzmaße mit und ohne weichfedernden Gehbelag im Treppenraum
und der Verbesserungen V bei horizontalen und diagonalen Trittschallmessungen

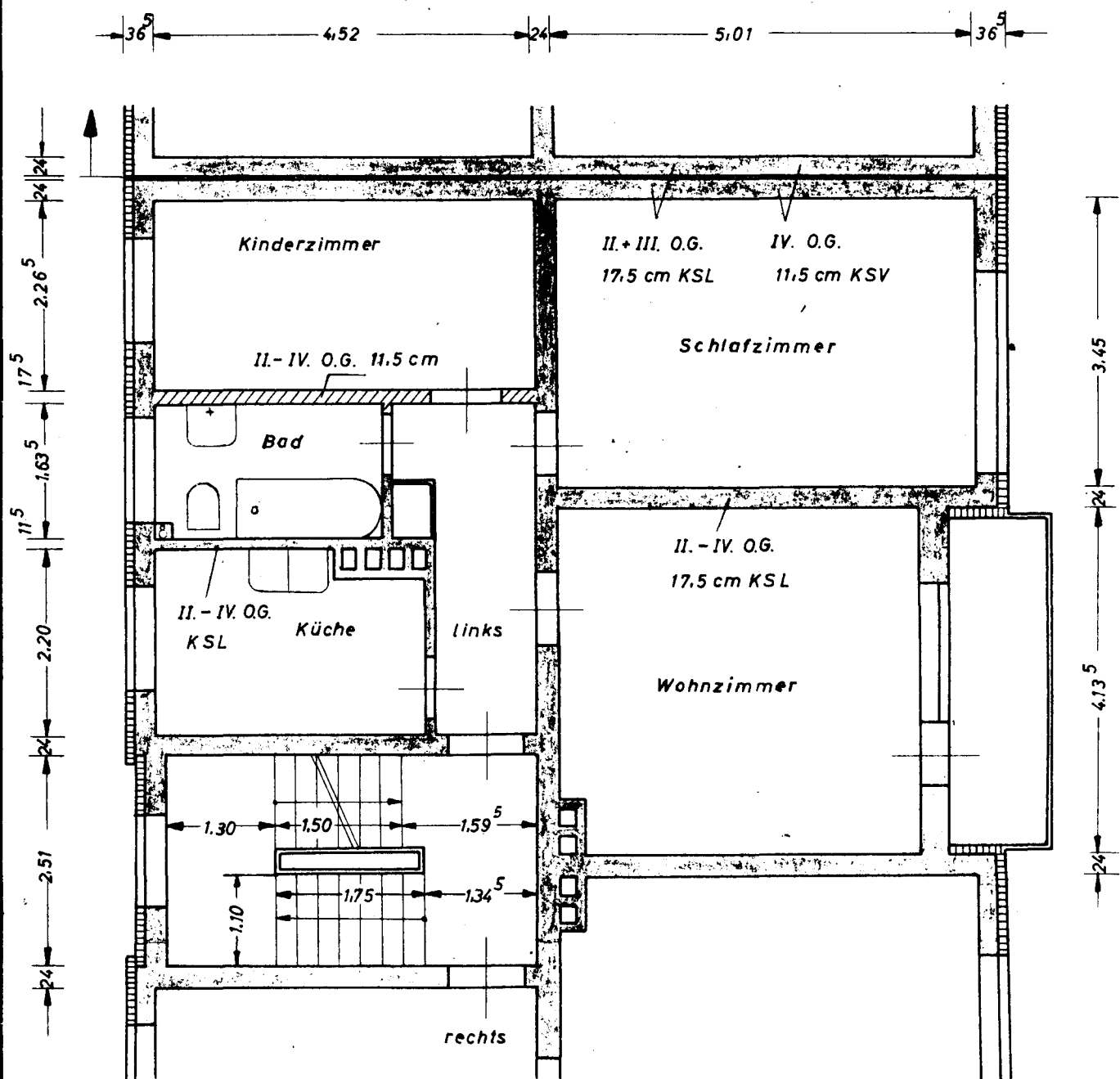
Anregung 4. Obergeschoß				Anregung 2. Obergeschoß				Anregung Erdgeschoß				Anregung Podest zw. 2./3. Obergeschoß			
Meßort +)	TSM (dB)	V (dB)		Meßort +)	TSM (dB)	V (dB)		Meßort +)	TSM (dB)	V (dB)		Meßort ++)	TSM (dB)	V (dB)	
Belag ohne mit				Belag ohne mit				Belag ohne mit				Belag ohne mit			
								4	+23	+27	6				
								3	+20	+25	9				
				4	+14	+20	8	2	+16	+23	9	Kizi.	+14	+20	9
				3	+7	+18	11	1	+9	+20	12	Bad	-	-	-
4	+2	+13	12	2	+0	+13	11	E	+3	+16	13	Kü.	+0	+14	13
3	+1	+14	12	1	-1	+15	13								
2	+8	+19	12	E	+8	+19	12								
1	+15	+23	10												
E	+21	+26	9												

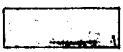
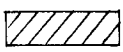

+) Geschoß, in dem der Norm-Trittschallpegel jeweils in den Wohnzimmern der linken Wohnungen bestimmt wurde.

++) Räume im 2. Obergeschoß, in denen der Norm-Trittschallpegel bei Anregung auf dem Podest zwischen 2. und 3. Obergeschoß bestimmt wurde.

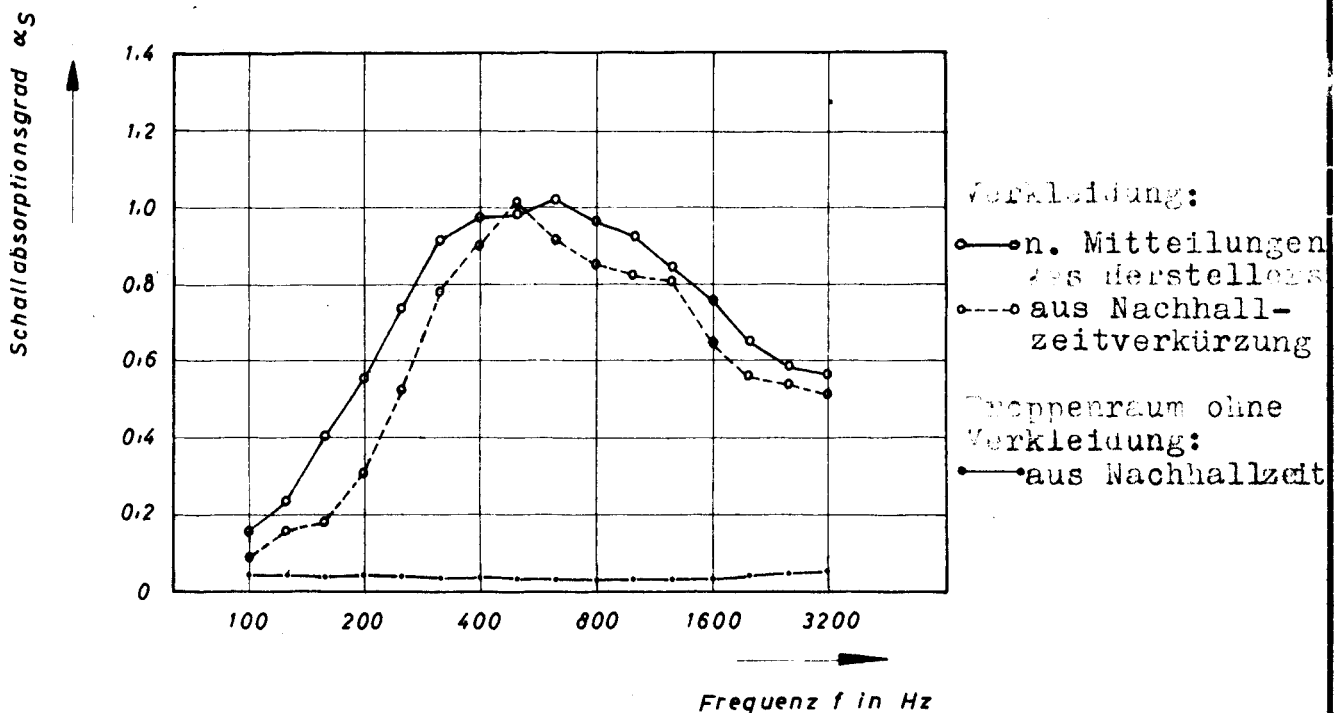
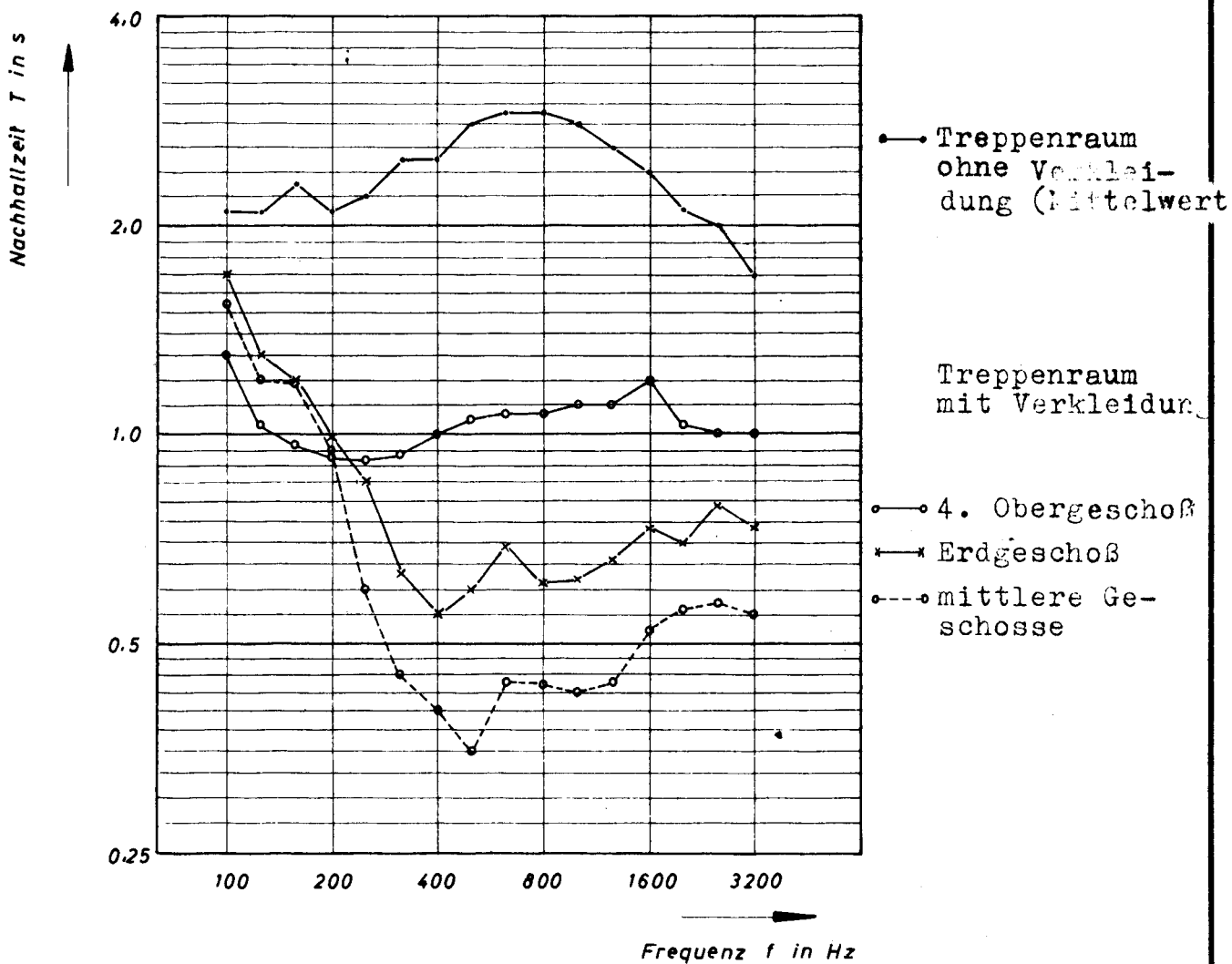


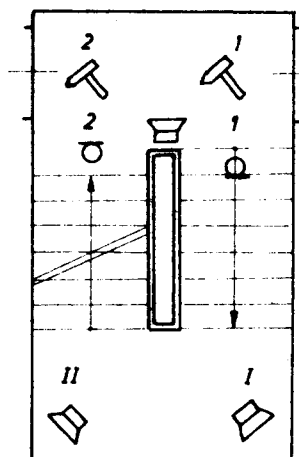
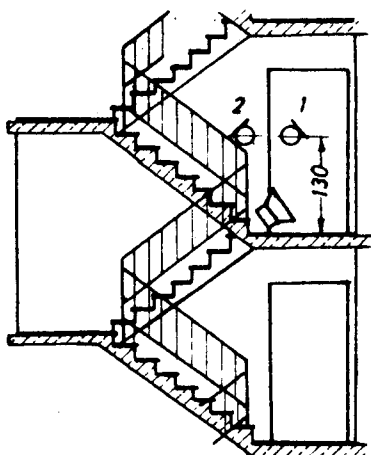
-----schallabsorbierende Verkleidung im Treppenraum



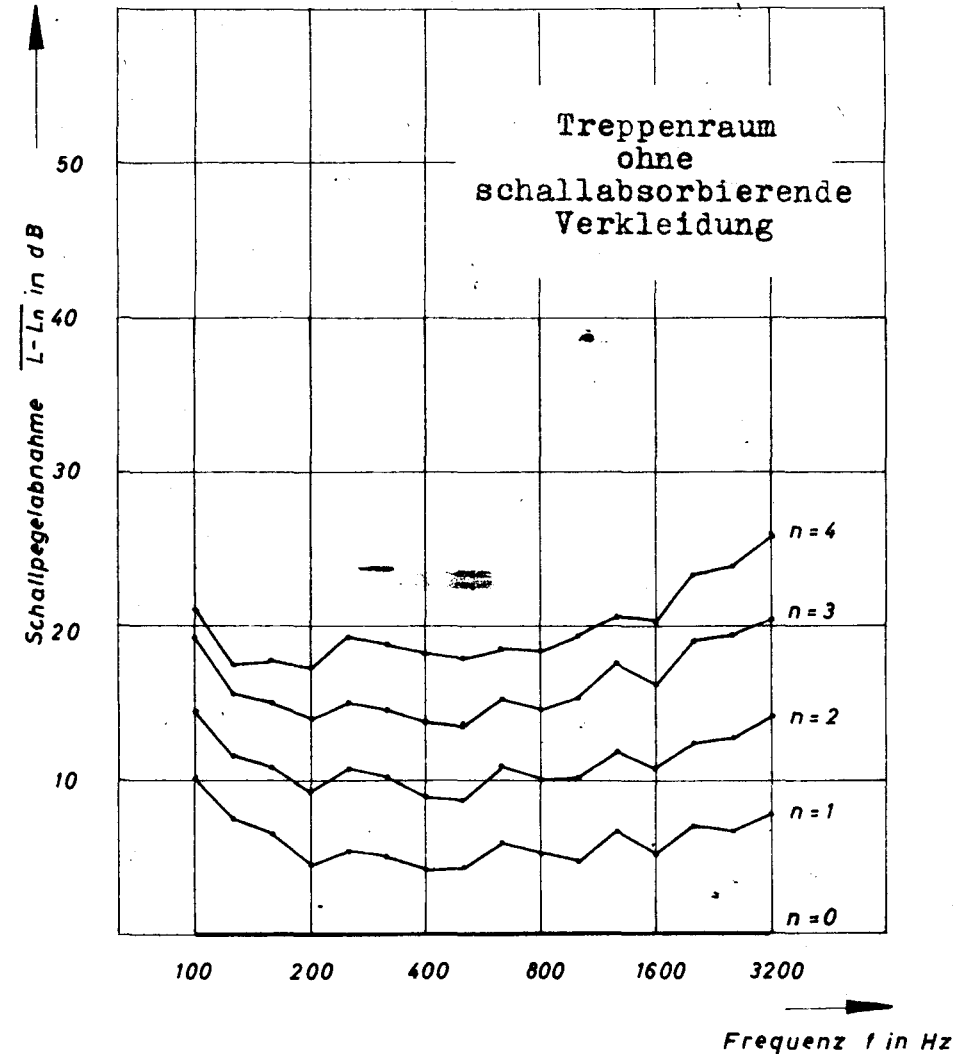
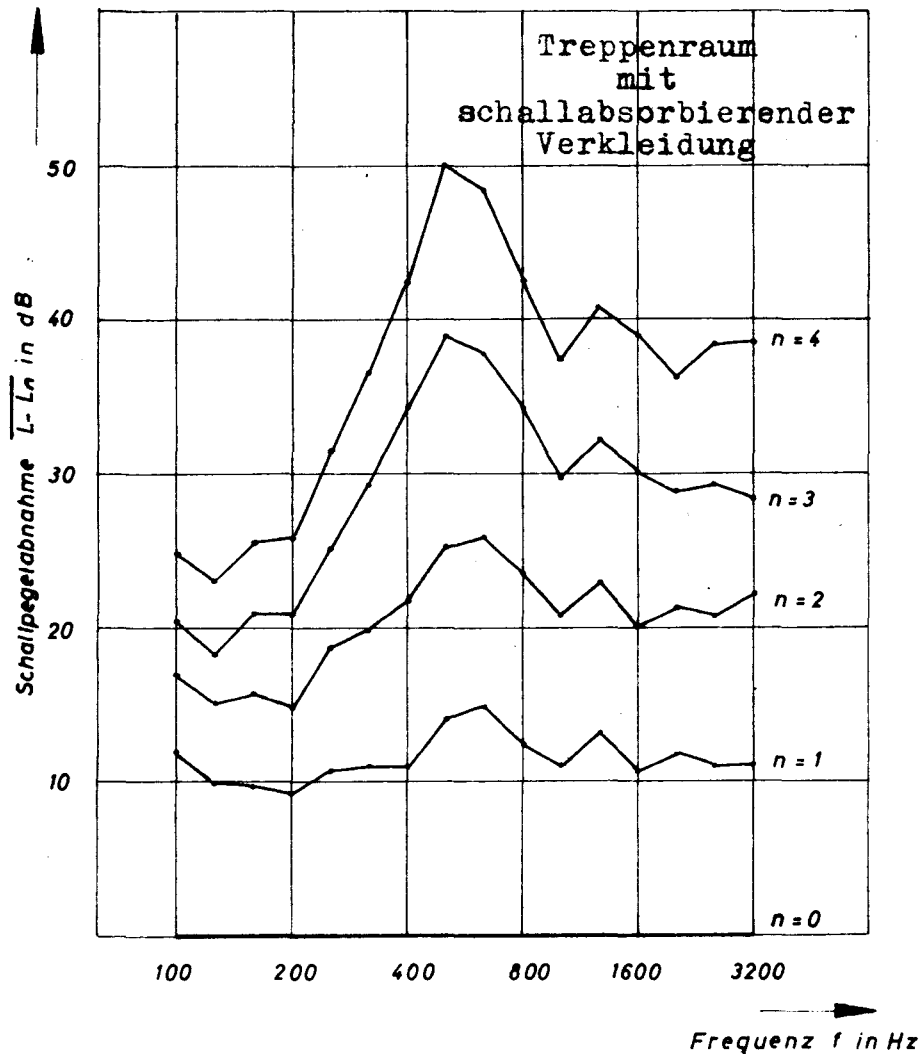
-  Kalksand-Vollsteine, KSV 1,8/150
-  Kalksand-Lochsteine, KSL 1,4/150
-  Vormauerziegel VMz

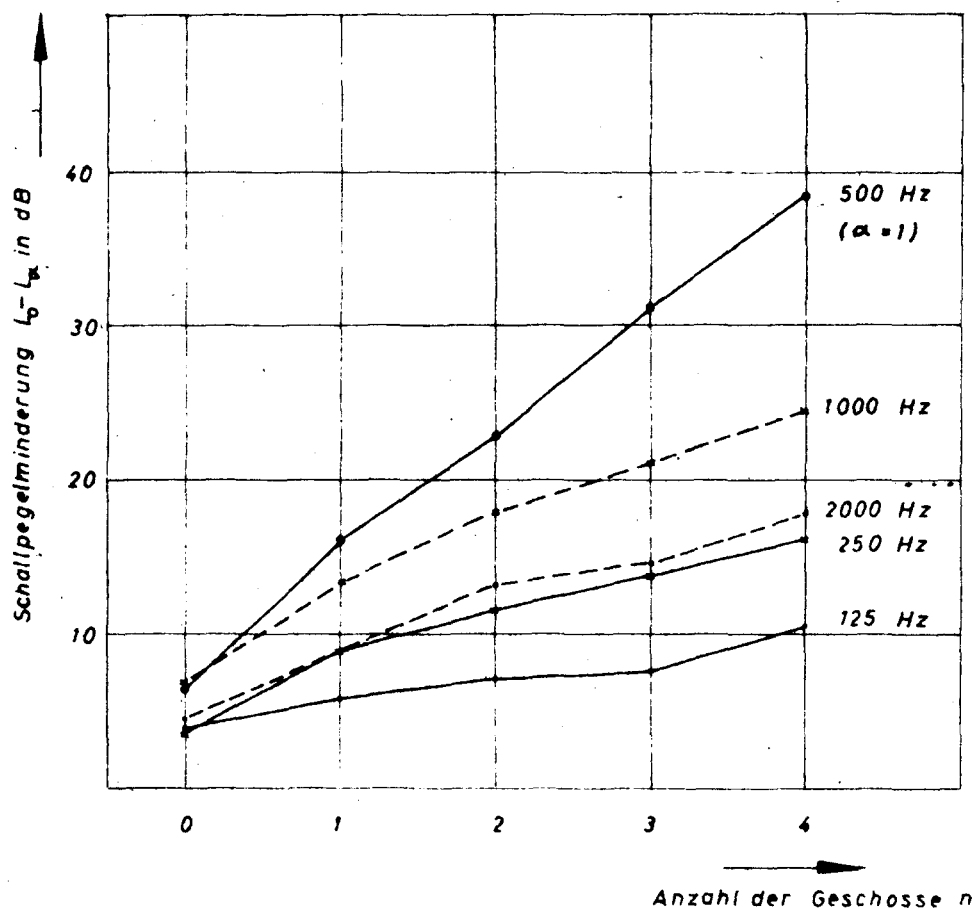
Erdgeschoß und I. Obergeschoß
 Außenwände vom II. bis IV. Obergeschoß 30 cm dick





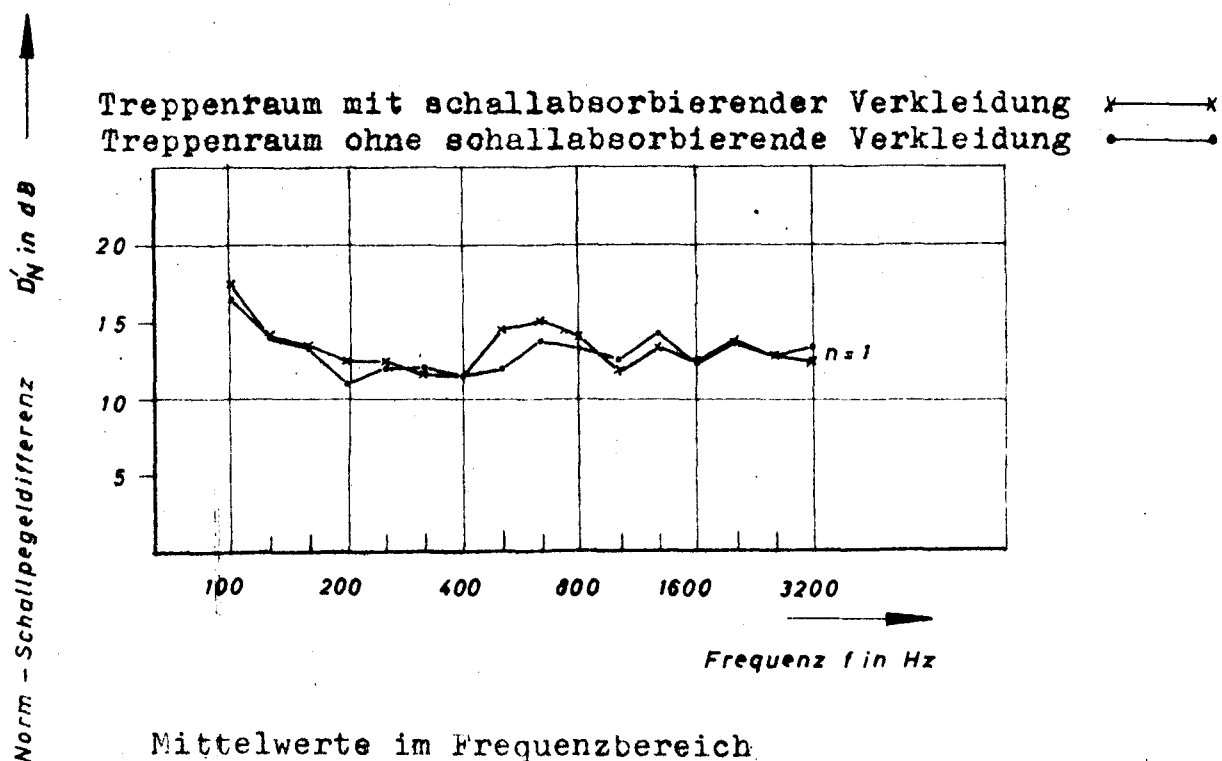
L : Schallpegel im Anregungsgeschoß (4., 2. Obergeschoß oder Erdgeschoß)
 L_n : Schallpegel im n Geschoße entfernten Meßgeschoß





L_0 : Schallpegel im Treppenraum
ohne schallabsorbierende Verkleidung

L_α : Schallpegel im Treppenraum
mit schallabsorbierender Verkleidung

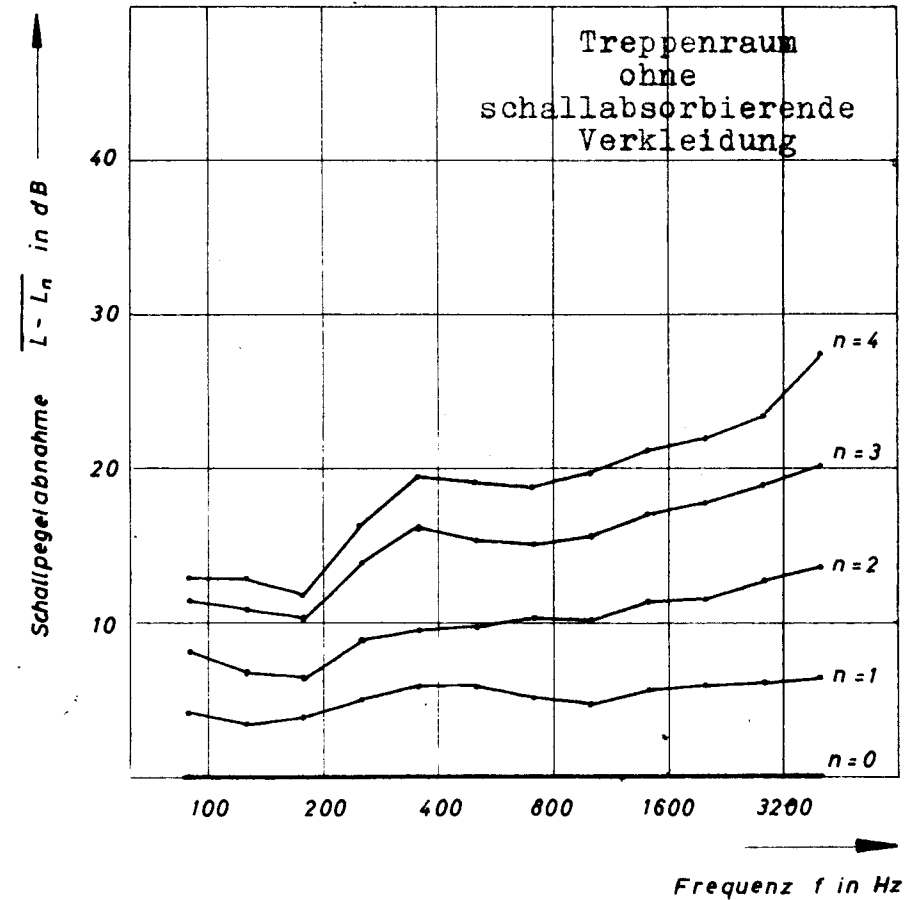
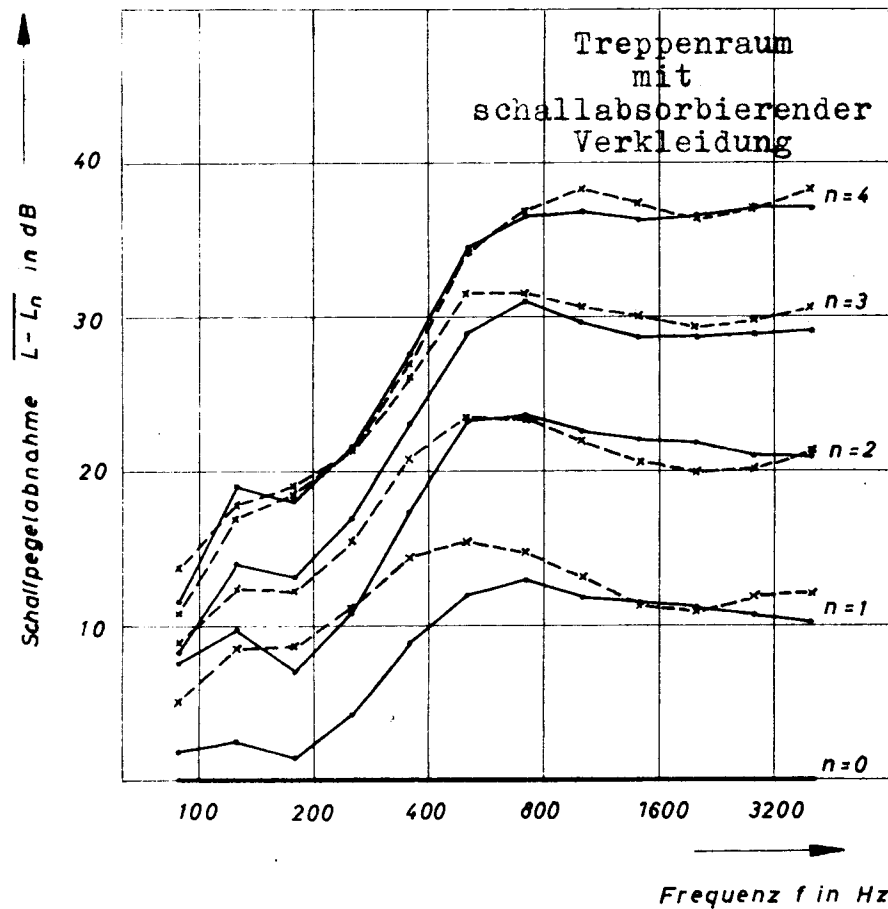


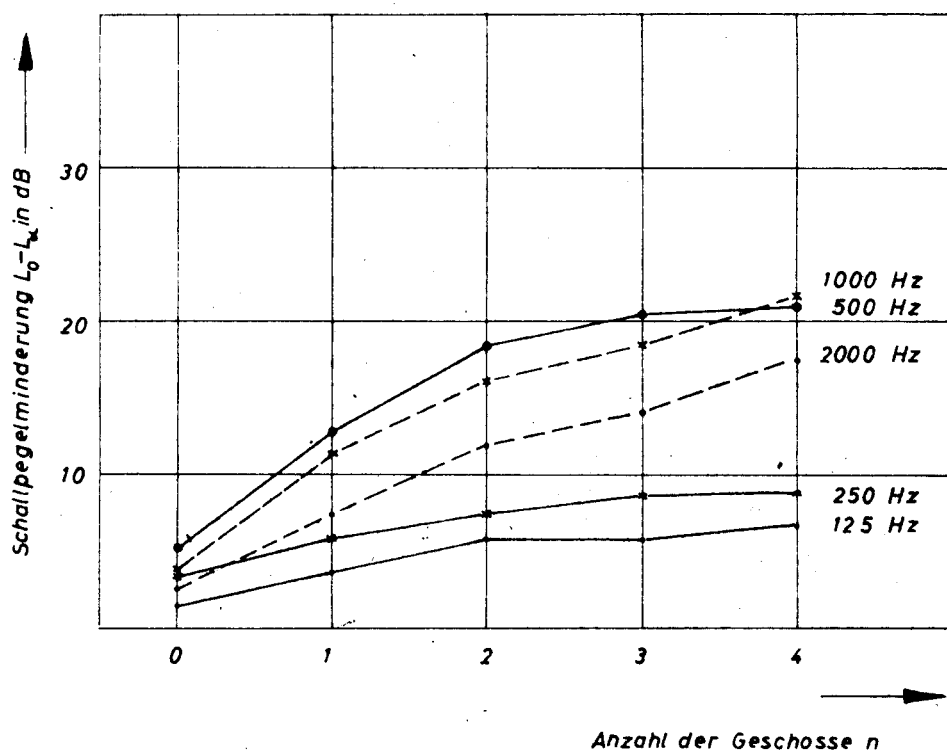
Mittelwerte im Frequenzbereich

von 100 bis 3200 Hz: $(\times) \bar{D}'_N = 13,1 \text{ dB}$
 $(\bullet) \bar{D}'_N = 12,8 \text{ dB}$

L : Schallpegel im Anregungsgeschoß (4., 2. Obergeschoß oder Erdgeschoß)
 L_n : Schallpegel im n Geschosse entfernten Meßgeschoß

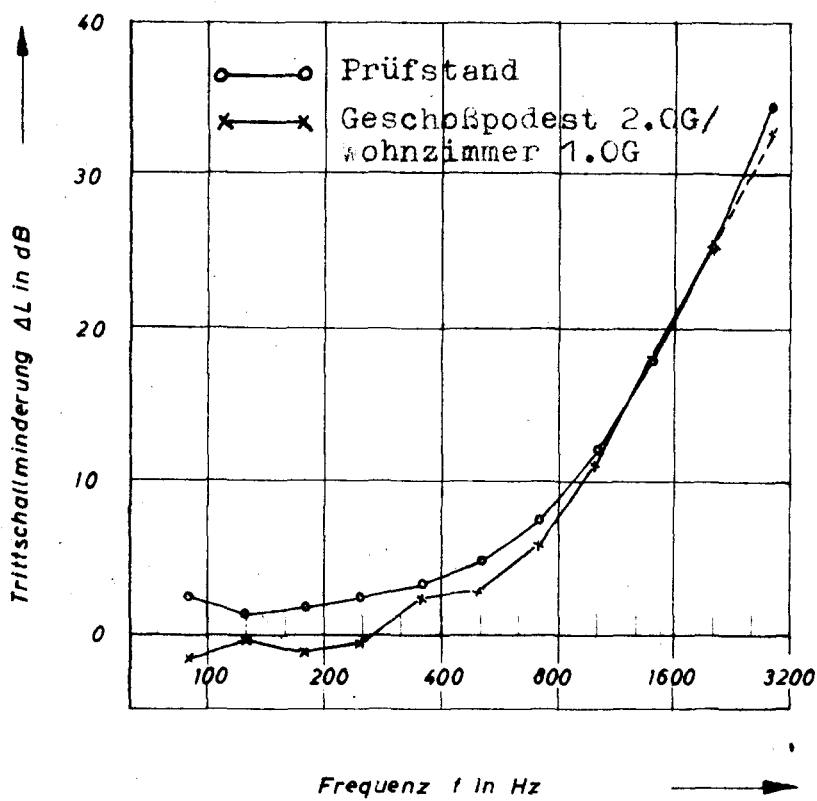
----- ↑ Geschosse oberhalb des Anregungsortes
 ----- ↓ Geschosse unterhalb des Anregungsortes

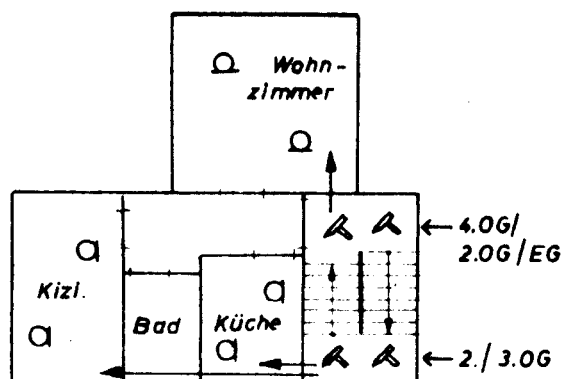




L_0 : Schallpegel im Treppenraum
ohne schallabsorbierende Verkleidung

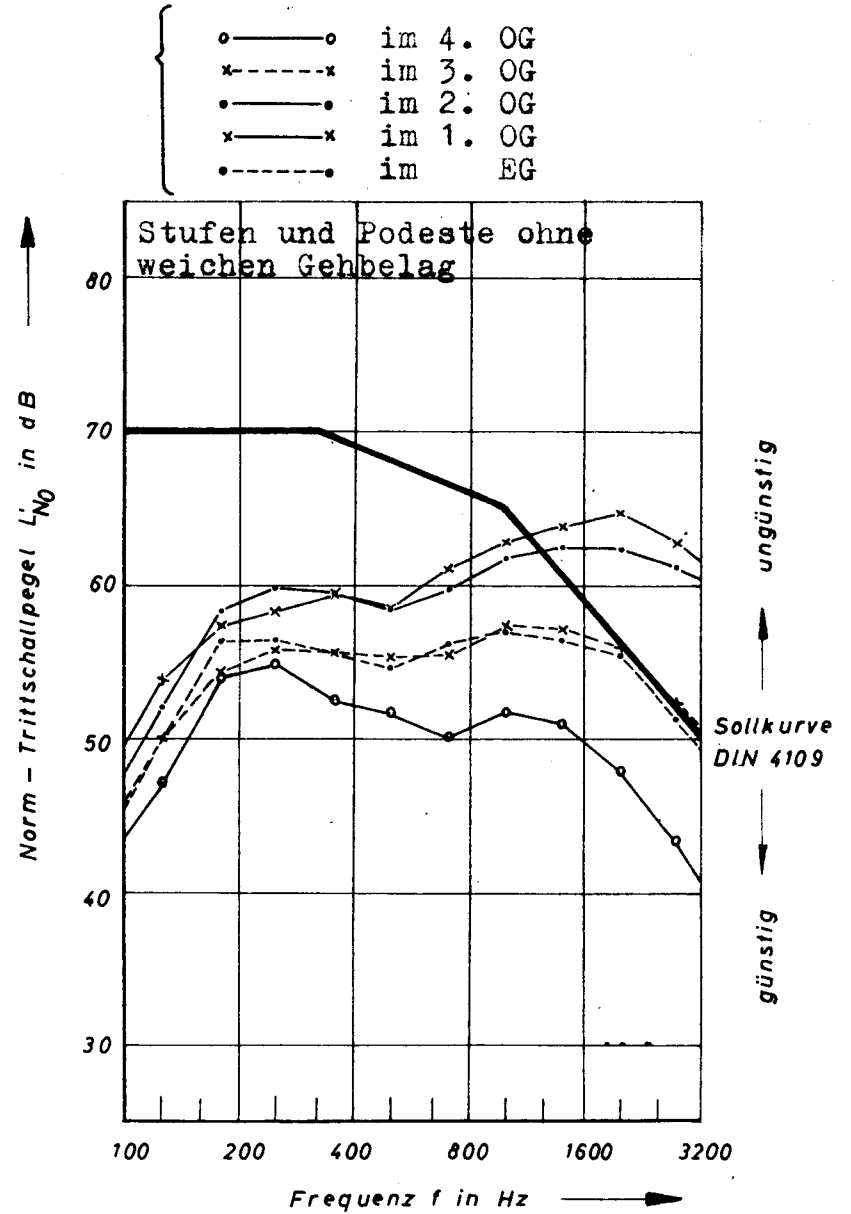
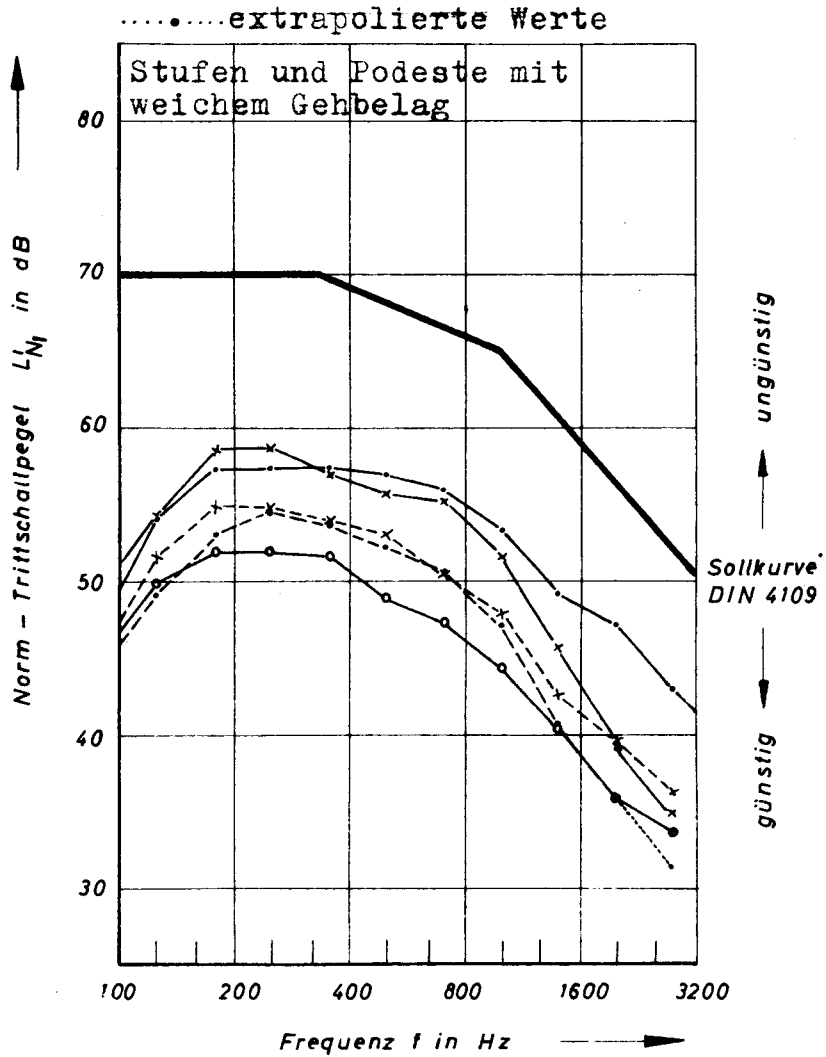
L_α : Schallpegel im Treppenraum
mit schallabsorbierender Verkleidung



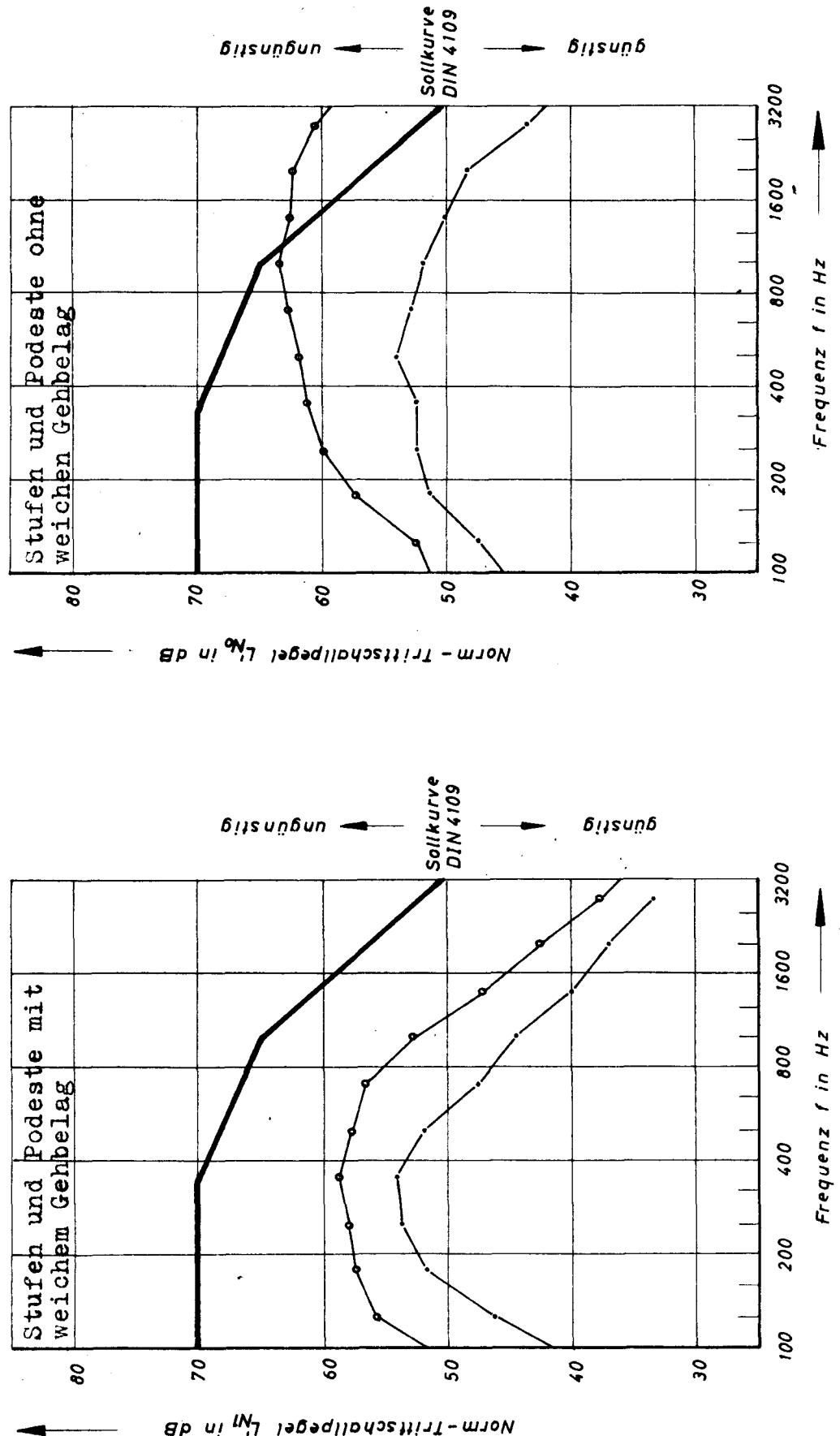


Die Nachhallzeiten liegen in den Empfangsräumen zwischen 0,4 und 0,9 s. Volumen der Empfangsräume 45 m³.

Anregungsort: Geschoßpodest im 2. Obergeschoß
Empfangsorte: Wohnzimmer der linken Wohnungen:



Anregungsort: Zwischenpodeste 2./3. Obergeschoß
 Empfangsorte: Küchen (—○—) und Kinderzimmer (—●—) im 2. Obergeschoß



Die Nachhallzeiten lagen in den Empfangsräumen zwischen 0,3 und 0,9 s. Volumen der Küchen 18 m³, der Kinderzimmer 27 m³.

